

53643-015
Mikio Murozono et al
July 18, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 8 日
Date of Application:

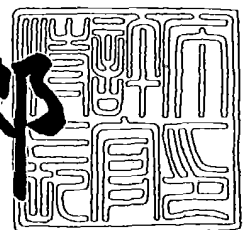
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 4 2 2 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 0 4 2 2 5]

出 願 人 株式会社クリーンベンチャー二十一
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願

【整理番号】 IPOCV21206

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/04

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府枚方市東香里 1 丁目 20-10

 【氏名】 室園 幹夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府枚方市西牧野 3 丁目 1-27

 【氏名】 廣嶋 義光

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府交野市妙見坂 4 丁目 9-8

 【氏名】 岡崎 良二

【特許出願人】

 【識別番号】 502139910

 【氏名又は名称】 株式会社 クリーンベンチャー二十一

【代理人】

 【識別番号】 100072431

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 石井 和郎

【選任した代理人】

 【識別番号】 100117972

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 河崎 眞一

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 066936

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0114078

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光電変換装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (1) 球状の第 1 導電型半導体およびその表面を被覆する第 2 導電型半導体層からなり、第 2 導電型半導体層が第 1 導電型半導体の一部を露出させる開口部を有し、前記第 1 導電型半導体の露出部に第 1 電極を形成し、前記第 2 導電型半導体層の開口部に近い外周部に第 2 電極を形成した複数のほぼ球状の光電変換素子を用意する工程、(2) 前記光電変換素子とその内部に配置するための複数の凹部を隣接して設けるとともに前記凹部の底部に接続孔を設けた支持体であって、前記接続孔を有する電気絶縁体層、および前記接続孔とその周縁部を除く領域の前記凹部内に形成された第 2 導電体層からなる支持体を用意する工程、(3) 前記支持体の凹部内に、前記光電変換素子とその第 2 導電型半導体層の開口部および第 1 導電型半導体の露出部の周縁部が前記電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接するように配置する工程、(4) 前記支持体の背面に配した第 1 導電体層と前記光電変換素子の第 1 電極を前記接続孔を通して電気的に接続する工程、および(5) 前記光電変換素子の第 2 電極を前記支持体の第 2 導電体層に電気的に接続する工程を有する光電変換装置の製造方法において、

前記工程(4)が、前記第 1 電極に半田付けされる部位の第 1 導電体層と前記第 1 電極の間に第 1 の半田を配置する工程、および前記第 1 の半田を加熱することにより、前記第 1 電極と前記第 1 導電体層とを半田付けする工程を有し、

前記工程(5)が、前記工程(4)により前記第 1 導電体層に半田付けされた光電変換素子の第 2 電極と前記支持体の凹部の内面の第 2 導電体層との間に、前記第 1 の半田の固相線温度より低い液相線温度を有する第 2 の半田を配置する工程、および前記第 2 の半田を前記第 1 の半田の固相線温度未満で、前記第 2 の半田の液相線温度以上の温度に加熱することにより、前記第 2 電極と前記第 2 導電体層とを半田付けする工程を有することを特徴とする光電変換装置の製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 の半田の液相線温度が 200～300℃であり、前記第 2 の半田の液相線温度が 100～200℃である請求項 1 に記載の光電変換

装置の製造方法。

【請求項3】 前記第1の半田が、錫を90重量%以上含有する請求項1に記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項4】 前記第2の半田が、錫を40～60重量%ならびにインジウムおよびビスマスを含計で60～40重量%含有する請求項1に記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項5】 前記第1の半田および第2の半田の少なくとも一方が、球状半田もしくはペレット状半田である請求項1～4のいずれかに記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項6】 前記光電変換素子の直径が0.5～2.0mmであり、前記第1の半田が単数または複数の球状半田からなり、その球状半田の直径が、前記接続孔の直径以下、前記接続孔の深さ寸法以上、かつ0.1～0.5mmであり、前記第2の半田が複数の球状半田からなり、その球状半田の直径が0.03～0.1mmである請求項5に記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項7】 前記工程(3)が、前記第2導電型半導体層の開口部および第1導電型半導体の露出部の周縁部を、前記電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接着または溶着する工程を含み、かつ前記電気絶縁体層の少なくとも接続孔の周縁部の表面が熱可塑性樹脂またはホットメルト接着剤もしくは粘着剤の被覆層からなる請求項1～6のいずれかに記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項8】 支持体の背面に第1導電体層を配し、光電変換素子の第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と前記第1電極の間に予め第1の半田を配置した後、前記光電変換素子を押圧しながら前記支持体の凹部内に配置すると同時に前記第1の半田および前記支持体の電気絶縁体層を加熱することにより、前記光電変換素子の第2導電型半導体層の開口部および第1導電型半導体の露出部の周縁部を電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接着または溶着する工程、ならびに前記第1電極と第1導電体層とを第1の半田により半田付けする工程を同時に行う請求項1～7に記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項9】 前記工程(4)における前記第1電極と第1導電体層とを半田付けする工程に先立ち、少なくとも第1電極が半田付けされる部位の第1導電

体層の表面に予備半田を施す工程を有する請求項 1～8 のいずれかに記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項 10】 前記工程（5）における前記第 2 電極と第 2 導電体層とを半田付けする工程に先立ち、少なくとも第 2 電極が半田付けされる部位の第 2 導電体層の表面に予備半田を施す工程を有する請求項 1～9 のいずれかに記載の光電変換装置の製造方法。

【請求項 11】 前記予備半田を施す工程が、前記第 1 導電体層または前記第 2 導電体層の表面に、インクジェット方式により半田ペーストを塗布する工程である請求項 9 または 10 に記載の光電変換装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ほぼ球状の光電変換素子を用いた光電変換装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来からの代表的な光電変換装置として、結晶シリコン半導体ウエハからなる光電変換素子を用いた結晶シリコン太陽電池がある。この太陽電池では、単結晶インゴットを製造するための工程ならびに単結晶インゴットから半導体ウエハを製造するまでのカッティング、スライシングおよびポリッシングなどの工程が複雑であるためコストが高くなる。さらにカッティング、スライシングおよびポリッシングなどの工程で生じる結晶の切削屑が多く、原料の約 50% 以上が無駄になる。

【0003】

この問題を解決するため、アモルファスシリコン（以下、a-Si で表す）薄膜からなる半導体層を用いた a-Si 太陽電池が開発されている。この太陽電池は、プラズマ化学気相成長法によって光電変換層を薄膜状に形成するので、前記のカッティング、スライシングおよびポリッシングなどの工程が不要であり、堆積した膜の全てを素子の活性層として用いることができる。その反面、この太陽電池にはアモルファス構造に起因して半導体内部に多数の結晶欠陥が存在するた

め、光電変換効率が経時的に低下する問題がある。これを解決するために、水素化処理による不活性化技術などが検討されているが、結晶欠陥による前記の弊害を無くすことは不可能である。そのため、a-Si 太陽電池では、依然として光電変換効率が数年間で15～25%程度劣化するという問題を残している。

【0004】

上記の問題を解決するため、球状のp型半導体にn型半導体層を被覆した球状光電変換素子（以下、球状素子で表す）を用いた球状太陽電池が検討されている。これに関しては、例えば、穴のあいた偏平なアルミニウム（Al）箔にシリコン（Si）の球状素子を埋込み、そのAl箔の裏面から、n型半導体層をエッチングして内部のp型半導体を露出させ、この露出したp型半導体を、もう1つのAl箔に接続して構成したソーラ・アレーが開示されている。（特許文献1参照）

【0005】

この提案は、高純度のSiの使用量を軽減して原価を低減するために、直径1mm前後の小さな球状素子を用いることにより、光電変換部全体の平均厚みを薄くするものである。この球状太陽電池は反射光を活用しない方式なので、モジュールの受光面当たりの変換効率を向上させるために、球状素子を相互に近接して配置する必要がある。その結果、球状素子とAl箔との接続作業工程が繁雑で、しかも極めて多数の球状素子が必要となり、原価を低減させる効果が少ない。

【0006】

さらに、類似の球状太陽電池が提案されているが、いずれも反射光を活用しないか、多数配列された球状素子のブロック全体に反射光を照射する構造を採っている。従って、前記特許文献1の場合と同様に、多数の小径の球状素子を密に敷き詰める必要があり、原価を低減させる効果が少ない。（特許文献2、特許文献3参照）

【0007】

この問題を解決するため、支持体に多数の凹部を設け、各凹部に単体の球状素子を収容する方式の太陽電池が提案されている。（特許文献4、特許文献5、特許文献6参照）

これらの球状太陽電池は、前記凹部内面を反射鏡として作用させ、集光率を高めることで球状素子一個当りの出力を高め、Siの消費量低減を図るものである。この太陽電池はマイクロ集光型あるいは低集光型の球状太陽電池と呼ばれている。

【0008】

この球状太陽電池の1例を図14に示す。Al箔製の第1導電体層100、電気絶縁体層101およびAl箔製の第2導電体層102からなる三層構造の支持体103に凹部104が形成され、各凹部104内に球状素子105が配置されている。球状素子105の表面層の第2導電型半導体層（以下、第2半導体層で表す）106の一部はエッチングにより除去され、中心部の球状の第1半導体107の一部に露出部108が形成されている。第1半導体（以下、第1半導体で表す）の露出部108が第1導電体層100と接触し、第2半導体層106が第2導電体層102の開口部の端面あるいはその近辺と接触している。そして、上記の接触により、第1半導体107と第1導電体層100、および第2半導体層106と第2導電体層102をそれぞれ電氣的に接続させようとするものである。（特許文献5参照）

【0009】

この提案では、球状素子を各凹部に収容した支持体に弾性体を重ね合わせて球状素子を押圧することで、第2半導体層の外周部を第2導電体層の開口部に嵌め込み第1半導体の露出部分を第1導電体層と接合させる。さらに、この加圧状態のまま、約150℃で1時間加熱し、さらに、200～300℃で30分～1時間、無酸素雰囲気中にて焼結処理が行われる。これらの加圧および加熱処理により、第1導電体層と第1半導体、および第2導電体層と第2半導体層との電氣的接続を行い、導電性ペーストなどを介さずに接合部の低抵抗化を実現しようとするものである。しかし、実際には、上記のように導電体層と半導体との直接的な接触、あるいはこれに上記のような低い温度で加熱処理を施したのみでは、接触抵抗とそのバラツキも大きく、太陽電池の変換効率向上の大きな妨げになる。

【0010】

Al箔製の導電体層とSiの半導体とを直接的に接合させた状態で良好な電気

的接続を得るために、例えば 5 0 0 ~ 5 7 7 °C で熱処理を行い接合部に A l と S i の合金層を形成する方法が提案されている。(特許文献 1 参照)

しかし、上記の高温での熱処理に耐える電気絶縁体層の樹脂材料の選択が困難なため、樹脂製の電気絶縁体層を有する支持体の凹部内に球状素子を配置する工程を有する太陽電池の製造工程には上記熱処理を適用することができない。

【 0 0 1 1 】

また、球状太陽電池では、極めて多数の球状素子を全て、支持体の個々の凹部の所定位置に固定された状態で配置することが非常に重要な課題である。これを解決するため、前記のように、球状素子の底部を支持体の凹部の第 2 導電体層の開口部に嵌め込み、さらにその状態で加熱する方法などが提案されているが、その固定効果は必ずしも十分とは言えない。そのため、光電変換装置の製造工程中および取り扱い時に球状素子の位置ずれが発生し易く、第 1 半導体と第 2 半導体層との短絡、および半導体と導電体層との電氣的接続不良が多発するという問題が残っている。さらに、支持体の凹部内面が反射鏡を兼ねる場合には、所定位置からずれて球状素子が配置されると、反射光の集光効率が低下し、光電変換効率が低下する問題が発生する。

【 0 0 1 2 】

本発明者らは、特願 2 0 0 2 - 2 1 6 6 4 9 において、上記の問題を解決するための方法を提案している。この提案は、予め第 1 半導体の露出部および第 2 半導体層の外周部にそれぞれ内部電極（以下、電極で表す）を形成した球状素子を支持体の凹部に配置し、これら内部電極をそれぞれに対応する導電体層に直接接触させるか、半田、半田ボール（以下、球状半田で表す）または導電性ペーストなどにより電氣的に接続するものである。この提案には、前記半田、球状半田または導電性ペーストなどによる接続、および支持体凹部の底部の電気絶縁体層への球状素子底部の熱溶着により、球状素子を支持体に固定することも含まれている。

【 0 0 1 3 】

しかし、導電性ペーストを用いる上記の方法では、導電性ペーストの塗布層を硬化させるための加熱、およびこれを冷却するために長時間を要するので、作業

時間の短縮が困難である。一方、半田あるいは球状半田を用いる場合には、比較的短い時間で電極と導電体層を半田付けすることができる。しかし、これら半田あるいは球状半田を用いた場合の工程簡略化、電極と導電体層との接続および支持体の所定箇所への球状素子の固定などを効果的に実現できる具体的方法に関しては十分とはいえず、今後の課題とされている。

【0014】**【特許文献1】**

特公平7-54855号公報

【特許文献2】

国際公開公報WO98/15983

【特許文献3】

特開2001-339086号公報

【特許文献4】

特開平11-031837号公報

【特許文献5】

特開2002-050780号公報

【特許文献6】

特開2002-164554号公報

【0015】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明は、支持体に多数の凹部を設け、各凹部内に単体の球状素子を収容する方式の球状太陽電池の上記問題点を解決し、高性能かつ高品質の光電変換装置の製造方法を提供することを目的とする。この目的を果たすため、簡略化された工程により、球状素子の半導体と導電体層間の良好な電氣的接続を実現し、さらに前記凹部内の所定位置に球状素子を確実に固定するための、より具体的かつ効果的な方法を提供する。

【0016】**【課題を解決するための手段】**

本発明の光電変換装置の製造方法は、(1) 球状の第1導電型半導体およびそ

の表面を被覆する第2導電型半導体層からなり、第2導電型半導体層が第1導電型半導体の一部を露出させる開口部を有し、前記第1導電型半導体の露出部に第1電極を形成し、前記第2導電型半導体層の開口部に近い外周部に第2電極を形成した複数のほぼ球状の光電変換素子を用意する工程、(2) 前記光電変換素子をその内部に配置するための複数の凹部を隣接して設けるとともに前記凹部の底部に接続孔を設けた支持体であって、前記接続孔を有する電気絶縁体層、および前記接続孔とその周縁部を除く領域の前記凹部内に形成された第2導電体層からなる支持体を用意する工程、(3) 前記支持体の凹部内に、前記光電変換素子をその第2導電型半導体層の開口部および第1導電型半導体の露出部の周縁部が前記電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接するように配置する工程、(4) 前記支持体の背面に配した第1導電体層と前記光電変換素子の第1電極を前記接続孔を通して電氣的に接続する工程、および(5) 前記光電変換素子の第2電極を前記支持体の第2導電体層に電氣的に接続する工程を有する光電変換装置の製造方法において、

前記工程(4)が、前記第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と前記第1電極の間に第1の半田を配置する工程、および前記第1の半田を加熱することにより、前記第1電極と前記第1導電体層とを半田付けする工程を有し、

前記工程(5)が、前記工程(4)により前記第1導電体層に半田付けされた光電変換素子の第2電極と前記支持体の凹部の内面の第2導電体層との間に、前記第1の半田の固相線温度より低い液相線温度を有する第2の半田を配置する工程、および前記第2の半田を前記第1の半田の固相線温度未満で、前記第2の半田の液相線温度以上の温度に加熱することにより、前記第2電極と前記第2導電体層とを半田付けする工程を有することを特徴とするものである。

【0017】

本発明の光電変換装置の製造方法において、第1の半田の液相線温度は200～300℃であり、第2の半田の液相線温度は100～200℃であることが好ましい。さらに、第1の半田は錫を90重量%以上含有することが好ましく、第2の半田は錫を40～60重量%ならびにインジウムおよびビスマスを合計で60～40重量%含有することが好ましい。

【0018】

さらに、本発明の光電変換装置の製造方法において、第1の半田および第2の半田の少なくとも一方が、球状半田もしくはペレット状半田であることが好ましい。光電変換素子の直径が0.5～2.0mmである場合には、第1の半田が単数または複数の球状半田からなり、その球状半田の直径が、接続孔の直径以下、深さ寸法以上、かつ0.1～0.5mmであり、第2の半田が複数の球状半田からなり、その球状半田の直径が0.03～0.1mmであることが好ましい。

【0019】

さらに、本発明の光電変換装置の製造方法において、前記工程(3)が、第2導電型半導体層の開口部および第1導電型半導体の露出部の周縁部を、電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接着または溶着する工程を含み、かつ電気絶縁体層の少なくとも接続孔の周縁部の表面が熱可塑性樹脂またはホットメルト接着剤もしくは粘着剤の被覆層からなることが好ましい。

【0020】

さらに、本発明の光電変換装置の製造方法において、支持体の背面に第1導電体層を配し、光電変換素子の第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と第1電極の間に予め第1の半田を配置した後、光電変換素子を押圧しながら支持体の凹部内に配置すると同時に第1の半田および支持体の電気絶縁体層を加熱することにより、前記光電変換素子の第2導電型半導体層の開口部および第1導電型半導体の露出部の周縁部を電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接着または溶着する工程、ならびに前記第1電極と第1導電体層とを第1の半田により半田付けする工程を同時に行うことが好ましい。

【0021】

さらに、本発明の光電変換装置の製造方法の工程(4)において、前記第1電極と第1導電体層とを半田付けする工程に先立ち、少なくとも第1電極が半田付けされる部位の第1導電体層の表面に予備半田を施す工程を有することが好ましい。さらに、工程(5)において、前記第2電極と第2導電体層とを半田付けする工程に先立ち、少なくとも第2電極が半田付けされる部位の第2導電体層の表面に予備半田を施す工程を有することが好ましい。予備半田を施す工程は、第1

導電体層または第2導電体層の表面に、インクジェット方式により半田ペーストを塗布する工程であることが好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明は、第1半導体側に第1電極を、また第2半導体層側に第2電極をそれぞれ設けた球状素子を、電気絶縁体層と第2導電体層が一体化された支持体の凹部の所定の位置に配置し、この球状素子の第1電極および第2電極をそれぞれ第1導電体層および第2導電体層に半田により接続する方式の光電変換装置の製造方法において、前記半田による接続工程が改良された新規な製造方法を提供するものである。

【0023】

前記のように本発明者らは、特願2002-216649により、球状素子の第1電極および第2電極をそれぞれ第1導電体層および第2導電体層と電氣的に接続し、さらに球状素子を支持体の凹部内の所定位置に固定する手段として、第1電極および第2電極をそれぞれ第1導電体層および第2導電体層に半田付けで接続する方法を提案している。具体的には、半田を熔融させて電極上に付着させた球状素子を支持体の凹部の所定の位置に配置し、電極上の半田を介して電極と導電体層を接触させた状態で加熱することにより半田を再熔融させて半田付けする方法である。

【0024】

さらに球状半田を用いて球状素子の電極と導電体層を接続する方法としては、支持体の凹部の接続孔を介して球状素子の第1電極と第1導電体層との間に球状半田を配し、球状素子を押圧しながら球状半田を加熱することにより、第1電極と第1導電体層とを半田付けする方法、および、支持体の所定位置に配置された球状素子の第2電極と支持体の凹部の内面の第2導電体層との間に球状半田の細粒を配し、球状素子を加熱して球状半田を熔融させ、第2電極と第2導電体層とを半田付けする方法が提案されている。

【0025】

上記の半田付けによる接続方法には、比較的短時間に電極と導電体層を接続で

きる利点があり、特に球状半田により半田付けする方法には、球状半田の寸法や数量などを適切に条件設定すれば、微小な球状素子の曲面に形成された第2電極と支持体の凹部の曲面とで形成される微細な空隙、および第1電極と第1導電体層との間の微小な接続孔内の空間に簡便な方法で、高精度の位置関係で半田を配置できる利点がある。本発明は、半田付けによる接続方法の上記の利点に注目するとともに、これを発展させることにより、球状素子の支持体の所定位置への確実な固定、球状素子と導電体層との確実な接続ならびに工程の安定化および簡略化などに関して有効な手段を確立したものである。

【0026】

本発明の光電変換装置の製造方法は、まず工程(4)により、球状素子の第1電極と第1導電体層を第1の半田を用いて接続し、次いで工程(5)により、第2電極と第2導電体層を第1の半田の固相線温度より低い液相線温度を有する第2の半田を用いて接続することを基本的な特徴とする。工程(5)では、第1の半田の固相線温度未満で、第2の半田の液相線温度以上の温度で第2電極を第2導電体層に半田付けする。ちなみに、半田の熔融温度には液相線温度と固相線温度があり、半田は液相線温度より高い温度では液体になり、固相線温度よりも低い温度では固体になる。そしてそれらの中間の温度では液体と固体が共存する半熔融状態となる。

【0027】

本発明では、工程(4)により、支持体の底部の絶縁体層に設けられた接続孔を介して、球状素子の底部の第1半導体の露出部に形成された第1電極を第1の半田により第1導電体層に半田付けする。これによって、球状素子の第1半導体と第1導電体層が確実に電氣的に接続され、同時に球状素子が支持体の凹部内の所定位置に固定され、さらに、球状素子、支持体および第1導電体層の三者が結合された構成体が構成される。

【0028】

本発明の工程(5)においては、工程(4)で半田付けに用いた第1の半田が再熔融しない温度下で第2の半田を熔融させて、第2半導体層を第2導電体層に半田付けする。従って、工程(5)では、工程(4)の半田付けにより構成され

た球状素子、支持体および第1導電体層の構成体がそのままの状態が維持されるので、取り扱いや半田付け作業を正確かつ容易に行うことができる。特に、球状素子が支持体の所定の位置に高精度で固定されているので、球状素子の外周に形成された第2電極と支持体の凹部内面の第2導電体層との隙間が均一に形成される。これにより、前記の隙間に第2の半田を高精度で所定の位置に配置することができる。

【0029】

上記のように、工程(5)により第2電極と第2導電体層とを確実に半田付けすることにより、球状素子の所定位置への固定、ならびに球状素子、支持体および第1導電体層の三者の結合はさらに強化される。これは、太陽電池モジュールを構成するために後に実施する工程の安定化、および作製された球状太陽電池の信頼性向上に大きく寄与する。

【0030】

以下、本発明の光電変換装置の製造方法の各工程についての実施の形態を詳細に説明する。

1) 工程(1)

まず、球状素子の基体となる球状半導体として、球状Si半導体(第1半導体)を作製する。通常、球状Si半導体は、直径約1.0mmで比抵抗が $1.0\Omega \cdot \text{cm}$ のp型半導体である。この球状Si半導体は、例えば、極微量のホウ素を含むp型多結晶Si粒子を真空中で熔融するまで加熱し、自然冷却させながら水中などに落下させる方法により、結晶性が良好な多結晶または単結晶の球状半導体として製造することができる。

【0031】

次いで、p型半導体である球状Si半導体の表面にn型半導体層(第2半導体層)を形成する。例えば、拡散源としてオキシ塩化リン(POCl_3)を用い、 $800 \sim 900^\circ\text{C}$ の温度下で10～30分間の熱処理を行うことにより、p型半導体の表面に燐を拡散させてn型半導体層を形成する。通常のn型半導体層の燐の表面濃度は 2×10^{20} 原子/ cm^3 であり、その厚さは通常 $0.5\mu\text{m}$ 程度であるが、 $0.3 \sim 1.0\mu\text{m}$ の範囲であればよい。

【0032】

上記の実施形態では第1半導体としてp型の球状Si半導体を用い、その表面にn型半導体層を形成した太陽電池素子を球状素子として例示したが、逆に、n型の球状Si半導体を用い、その表面に例えばボロンなどを熱拡散させ、p型半導体層を形成した太陽電池素子であってもよい。この場合、p型半導体層はイオン注入法により形成してもよく、CVD法などにより形成してもよい。

【0033】

上記のように、第1半導体の表面に第2半導体層を形成後、この第2半導体層に開口部を形成し、その開口部から第1半導体の一部を露出させる。その方法として、例えば球状素子の一部をグラインディングなどにより研削して除去する方法を採ることができる。図1および図2はこの方法で加工した球状素子を図示したもので、図1にその縦断面図、図2にその底面図をそれぞれ示す。球状の第1半導体1の表面が第2半導体層2で被覆された球状素子の一部が切除され、円形の平滑な切除面の外周部に第2半導体層2の開口部3が露出し、その内側に第1半導体1の円形の露出部4が形成されている。

【0034】

第1半導体の一部を露出させる他の方法は、第2半導体層の一部を残してパライフィンなどで球状素子表面をマスクングし、例えば、フッ酸、硝酸および酢酸の混合液を用いて常温で20秒間のエッチング処理を施すことにより、マスクングされていない部分の第2半導体層を除去する方法である。図3はこの方法で加工した太陽電池素子の縦断面図である。第1半導体1の表面を被覆する第2半導体層2の一部が除去され、第2半導体層の開口部9の内側に第1半導体1の露出部8が形成されている。

【0035】

上記の実施の形態では球状素子として結晶Si半導体からなる太陽電池素子を例示したが、化合物半導体その他の材料からなってもよく、単結晶、多結晶以外に、アモルファス材料からなってもよい。また、第1半導体と第2半導体層の界面にノンドープ層を形成したpin型、ショットキーバリア形、MIS (metal-insulator-semiconductor) 形、ホモ接合形、ヘテロ接合形およびその他の構成

を有していてもよい。

【0036】

次いで、例えば、特願 2002-254454 により本発明者らが提案しているように、上記の球状素子の第 1 半導体の露出面に、インクジェット方式により導電性インクを塗布し、熱処理することにより第 1 電極を形成する。導電性インクとしては、例えば、平均粒径 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の Ag 微粉末と Al 微粉末の混合物、および $\text{B}_2\text{O}_3\text{-PbO-ZnO}$ 系ガラスからなる平均粒径 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ のガラスフリットを 1 : 1 の重量比で混合し、これを酢酸ブチルに添加しながら攪拌し、粘度約 50 センチポアズに調整した分散液を用いる。

【0037】

塗布された導電性インクを熱処理することにより、第 1 半導体表面層の電極形成面もしくは電極形成面と塗布層との界面の導電性が高まるとともに、ガラスフリットが熔融してバインダーとしての機能を発揮する。これにより、オーミックな接触抵抗および固有抵抗が小さく、かつ機械的強度に優れた導電層が形成される。第 1 電極は、1 つあるいは複数の導電層から構成され、同一円周上に配列するなど所定のパターンで配列された複数の導電層、または単独の導電層から形成することができる。

【0038】

次いで、上記のように第 1 電極を形成した球状素子の第 2 半導体層の開口部に近い外周部に、導電性インクをインクジェット方式により塗布し、これを熱処理して第 2 電極を形成する。導電性インクとしては、平均粒径 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の Ag 微粉末および平均粒径 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の燐酸銀微粉末を重量比 1 : 1 で混合し、この混合粉末 100 重量部に $\text{B}_2\text{O}_3\text{-PbO-ZnO}$ 系ガラスからなる平均粒径 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ のガラスフリット 100 重量部を加え、これを酢酸ブチルに分散させ、粘度約 50 センチポアズ (cP) に調整したものをを用いる。

【0039】

球状素子が Si を主体とする場合には、塗布された導電性インクを熱処理することにより、導電性インクの塗布層と第 1 半導体の電極形成面の界面に Ag と S

i の合金層が形成され、同時に溶融したガラスフリットがバインダーとなって、オーミックな接触抵抗が小さく、機械的強度に優れた第2電極が形成される。

【0040】

第2電極を構成する導電層の形状は特に限定せず、円形、楕円形あるいは多角形、またはこれらを連ねて形成される帯状あるいは線状などの様々な形態を採ることができる。第2電極は、これら導電層の複数を第2半導体層の外周部に点在させて形成することができ、これら導電層は第2半導体層の外周部の同一円周上に点在させることが好ましい。さらに、第2電極は、第2半導体層の外周部に、例えば帯状あるいは線状に形成された単独の導電層で形成してもよい。

【0041】

第1電極および第2電極を形成する工程では、導電性インクの液滴1個から1個のほぼ円形の導電層を形成することができる。比較的大きな円形あるいは楕円形の導電層、または線状、長方形あるいは多角形など様々な形状の導電層を形成する場合には、複数の液滴を連ねた塗布層を形成してこれを熱処理すればよい。

【0042】

次に、第1電極および第2電極を形成した球状素子の代表例を示す。図4はその縦断面図であり、図5はその底面図である。これは、図1に示した球状素子の第1半導体1の露出面4および第2半導体層2の外周部のそれぞれに、導電性インクの複数の液滴を連続して着弾させて塗布層を形成し、これらを熱処理して形成した単独の導電層からなる円形の第1電極6および帯状の第2電極5を形成したものである。その他、導電性インクの塗布形態を変化させれば、様々な形状の電極を必要とする任意の部位に形成することができる。

【0043】

以上のようにして、球状の第1半導体およびその表面を被覆する第2半導体層からなり、第2半導体層が第1半導体の一部を露出させる開口部を有し、第1半導体の露出部に第1電極を形成し、第2半導体層の開口部に近い外周部に第2電極を形成した複数のほぼ球状の球状素子を用意することができる。

【0044】

2) 工程 (2)

本工程で用意する支持体の代表例を図6および図7に示す。図6は、複数の凹部26が形成された支持体の部分的な平面図であり、図7はそのA-B線断面図である。支持体は第2導電体層25と電気絶縁体層28からなり、凹部26は蜂の巣状に形成され、その開口端は六角形である。各開口端は相互に隣接して連続し、凹部26は底になるにつれて先細状に形成されている。凹部26の開口端は、その一辺は約2mmで、ハニカム状に連結しており、凹部26の断面はお椀状である。

【0045】

電気絶縁体層28には円形の接続孔29が形成され、その接続孔29の周縁部を除いた領域の凹部26内には第2導電体層25が形成されている。後の工程(3)において、接続孔29の周縁部27の電気絶縁体層28の露出部に、第2半導体層の開口部および第1半導体の露出部が当接するように球状素子が凹部に配置される。第2導電体層28の内面は、球状素子の外周部の第2半導体層と電気的に導通する外部電極として機能し、さらに鏡面加工やAgメッキなどにより反射性を付与させれば反射鏡としても機能する。

【0046】

図6および図7では、切削加工などでAlやステンレス鋼の厚板に複数の凹部を形成した第2導電体層に、ポリカーボネイトなどの樹脂シートを貼り合わせた支持体を例示したが、これ以外に、様々な形態の支持体を構成できる。例えば、予め接続孔を形成した多数の凹部を有する樹脂製の電気絶縁体層を成型し、その内側の接続孔とその周縁部を残してAlやAgなどの金属薄膜からなる第2導電体層を形成した支持体を構成できる。金属薄膜に代わり、接続孔よりやや大きい開口部を形成したAl箔やAg箔などの金属箔を電気絶縁体層の凹部内面に張り合わせても、同様の構造の支持体を構成できる。支持体の凹部の内面に真空蒸着などによる金属薄膜あるいは鏡面加工した金属箔を用いれば、これを反射鏡とすることができる。

【0047】

以上のようにして、球状素子とその内部に配置するための複数の凹部を隣接して設けるとともにその凹部の底部に接続孔を設けた支持体であって、接続孔を有

する電気絶縁体層、および接続孔とその周縁部を除く領域の凹部内に形成された第2導電体層からなる支持体を用意することができる。

【0048】

3) 工程 (3)

本工程 (3) では、工程 (1) で用意された球状素子を、工程 (2) で用意された支持体の凹部の所定の位置に配置する。具体的には、球状素子の第2半導体層の開口部に近い外周部が第2導電体層の開口部に嵌まり込み、第2半導体層の開口部とその内側の第1半導体の露出部が接続孔の周縁部の電気絶縁体層に当接するように、球状素子を支持体の凹部の底部に押し込む。これにより、球状素子は、第1半導体の露出部と第2半導体層が電気絶縁体層によって確実に絶縁された状態で支持体の凹部に配置される。

【0049】

支持体の凹部内に配置する球状素子は、所定位置に固定することが好ましく、その方法として、球状素子の第2半導体層の開口部および第1半導体の露出部の周縁部を接続孔の周縁部の電気絶縁体層に接着または溶着することが好ましい。この場合、電気絶縁体層の少なくとも接続孔の周縁部の表面が熱可塑性樹脂またはホットメルト接着剤もしくは粘着剤の被覆層からなることが好ましい。上記の電気絶縁体層を有する支持体の凹部の底部に球状素子を加熱しながら押圧することにより、球状素子の第2半導体層の開口部および第1半導体の露出部を電気絶縁体層に溶着することができる。これにより短時間で支持体の凹部の所定位置に球状素子を固定することができる。

【0050】

上記の被覆層は、例えば、熱可塑性樹脂あるいはホットメルト接着剤の分散液をスプレーで吹き付けて乾燥することにより形成される。電気絶縁体層が粘着剤で被覆されている場合には、球状素子を支持体の凹部内の所定位置に固定する作業を常温で実施することもできる。

【0051】

図8により、熱可塑性樹脂製または熱可塑性樹脂あるいはホットメルト接着剤で被覆された電気絶縁体層を用いた支持体の凹部の所定位置に球状素子を溶着す

る手順を説明する。まず、加熱された金属チューブ40を減圧し、その開口部に第2半導体層2の開口部3を下にして図4に示す球状素子を吸着させる。この金属チューブ40を図6に示す構造の支持体の凹部中央に運び、球状素子の第2半導体層2の開口部3および第1半導体1の露出部4を接続孔の周縁部27の電気絶縁体層28に当接させ、さらに、金属チューブ40を押し込み、球状素子を押圧する。

【0052】

この際、球状素子は、金属チューブ40から伝熱して電気絶縁体層表面の樹脂の熔融温度より若干高い温度に加熱されるので、前記の球状素子に当接する部分の電気絶縁体層28の表面層が熔融し、球状素子の底部に溶着する。図中、電気絶縁体層28の溶着部52を太線で示す。その後、金属チューブ40の減圧を解除して球状素子から静かに放して球状素子を冷却することにより溶着が完了する。なお、粘着剤で被覆した電気絶縁体層を用いた場合には、金属チューブを加熱することなく、上記に準じた方法で球状素子を固定することができる。

【0053】

電気絶縁体層の材料としては、耐候性に優れ、溶着し易く、さらに100℃程度の使用環境温度では変形しない熱可塑性樹脂であることが好ましい。例えば、ポリカーボネイト、アクリル樹脂、アセタール樹脂、ポリアミド、ポリイミド、ポリアクリルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、および塩素化ポリエーテルなどを使用できる。電気絶縁体層の被覆層の材料としては、上記のうちの比較的熱変形温度が低いポリアミド、アセタール樹脂、あるいはアクリル樹脂を用いることが好ましく、その基材には、被覆層より熱変形温度が高い樹脂を用いればよい。通常、150～350℃の温度での熱溶着あるいは超音波溶着により、上記の電気絶縁体層に球状素子を溶着させることができる。

【0054】

電気絶縁体層を被覆するホットメルト接着剤としては、使用環境温度では軟化せず、基材よりも熱変形温度が低く、金属との接着性が良好なものが好ましい。例えば、エチレン酢酸ビニル樹脂系、ポリアミド系、あるいはポリエステル系などの接着剤を用いることができる。例えば、基材がポリイミドの場合には、ポリ

アミド系接着剤を用いて150～250℃の温度で熱圧着できる。粘着剤に関しても、上記と同様の条件を満たすものが好ましく、例えば、天然ゴム、合成ゴム、アクリル系粘着剤、あるいはシリコン系粘着剤などを用いることができる。例えば、基材がポリイミドの場合には、この基材との粘着力が良好なシリコン系粘着剤を用いることが好ましい。

【0055】

以上のようにして、球状素子を支持体の凹部内に、その第2半導体層の開口部および第1半導体の露出部の周縁部が前記第2接続孔の周縁部の露出部に接するように配置することができる。

【0056】

4) 工程(4)

本工程(4)では、支持体の凹部内に配置された球状素子の第1電極を支持体の背面に配した第1導電体層に、接続孔を通して電氣的に接続する。本工程(4)は、第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と前記第1電極の間に第1の半田を配置する工程、および配置された第1の球状半田を加熱することにより、第1電極と第1導電体層とを半田付けする工程を有する。

【0057】

以下に、本工程(4)の実施形態の例を具体的に説明する。まず、溶融させた第1の半田を先端部が極細の半田鋏により、図4に示す球状素子の底部の第1電極に付着させる。この球状素子を支持体凹部の所定の位置に配置する。次いで、この支持体を加熱された鉄板上に置かれたA1箔あるいはAg箔からなる第1導電体層上に載置し、球状素子をその上部から、押さえ棒で押し付けることによって第1の半田を溶融させ、第1導電体層と第1電極とを半田付けする。その状態を図9に示す。第1導電体層45には接続孔29と相対する位置に突起部53が設けられ、この突起部53と第1電極6が第1の半田41で接続されている。これにより、両者の電氣的接続が確実に行われるとともに、球状素子が支持体の凹部内の所定位置に強固に固定され、さらに球状素子、第1導電体層および支持体の三者が結合した構成体が構成される。

【0058】

次に、第1の半田として球状半田を用いた場合の実施形態を図10により説明する。まず、図10(1)に示すように、支持体の接続孔に対応するパターンで微小な凹部42を多数形成したA1箔、Ag箔またはAgメッキ金属箔からなる第1導電体層43を鉄製の台座44上に載置する。その凹部42に第1の球状半田46を一個ずつ配置する。次いで、工程(3)において図8に示す方法で球状素子を凹部26の所定の位置に溶着した支持体を用意し、その支持体の各接続孔29のそれぞれに、対応する第1の球状半田46が嵌め込まれるように位置合わせして、第1導電体層43の上に支持体を重ね合わせる。その状態を図10(2)に示す。次いで、台座44を加熱するとともに、支持体の凹部26に溶着された球状素子の頂部を押さえ棒47で押圧し、台座44から伝熱した熱で第1の球状半田46を溶融させて第1導電体層43と第1電極6を半田付けする。その状態を図10(3)に示す。

【0059】

第1導電体層と第1電極を球状半田により接続する他の方法として、球状素子を凹部内の所定の位置に固定した支持体を、平板で上から押さえて裏返し、各接続孔に第1の球状半田を装填し、この支持体に第1導電体層を重ねあわせ、第1導電体層を熱板で押圧し、第1の球状半田を溶融させて半田付けすることもできる。

【0060】

上記の例では、工程(3)で球状素子を支持体の凹部の所定の位置に配置した後、第1電極と第1導電体層とを半田付けする方法を採ったが、工程(3)および工程(4)を同時に実施することもできる。その好ましい方法は、支持体の背面に第1導電体層を配し、球状素子の第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と第1電極の間に予め第1の半田を配置した後、球状素子を押圧しながら支持体の凹部内に配置すると同時に第1の半田および支持体の電気絶縁体層を加熱する方法である。これにより、球状素子の第1半導体層の開口部および第2半導体の露出部の周縁部を電気絶縁体層の接続孔の周縁部に接着または溶着する工程、ならびに第1電極と第1導電体層とを第1の球状半田により半田付けする工程を同時に行うことができる。第1電極に半田付けされる部位の第1導電体層と第

1 電極の間に予め第 1 の半田を配置する方法は、予め第 1 電極に第 1 の半田を溶融させて付着させる方法と球状半田を用いる方法に大別される。

【0061】

上記の方法のうち、第 1 の半田として球状半田を用いた場合について、その実施形態の例を図 11 に沿って説明する。鉄製の台座 50 の上に第 1 導電体層 45 を載置し、その上に図 6 に示す支持体を載置する。次いで、支持体の凹部 26 の接続孔 29 と第 1 導電体層 45 で形成される空間に第 1 の球状半田 46 を 1 個ずつ挿入する。第 1 の球状半田 46 は、その頂部が接続孔 29 からやや突出した状態で配置される。その状態を図 11 (1) に示す。次いで、減圧した金属チューブ 40 の開口端部に第 1 電極 6 を下にして図 4 に示す球状素子を吸着させ、この金属チューブ 40 を支持体の凹部の中央部に運び、球状素子の第 1 半導体 1 の露出部に形成された第 1 電極 6 を接続孔 29 に挿入された第 1 の球状半田 46 に当接させる。その状態を図 11 (2) に示す。

【0062】

次いで、台座 50 を加熱しながら金属チューブ 40 を押し込み、球状素子を押圧する。この際、台座 50 から伝熱した熱で第 1 の球状半田 46 を溶融させ、同時に接続孔 29 の周縁部の電気絶縁体層 28 を軟化もしくは溶融させる。これにより、球状素子の第 2 半導体層 2 の開口部および第 1 半導体の露出部の周縁部が接続孔 29 の周縁部の電気絶縁体層 28 に溶着され、同時に第 1 電極 6 と第 1 導電体層 45 とが半田付けされる。図中の太線部 52 は溶着された部位を示す。この際、第 2 半導体層 2 の外周に帯状に形成された第 2 電極 5 と第 2 導電体層 25 の内面の間には、次工程で第 2 の球状半田を配置するための僅かな空隙が形成される。その状態を図 11 (3) に示す。

【0063】

これらの場合、第 1 の球状半田は、接続孔の直径より小さく、接続孔の深さ寸法より大きい直径を有することが好ましい。これによって、接続孔を通して第 1 電極と第 1 導電体層が確実に半田付けされる。上記のように 1 つの球状素子当たり 1 つの第 1 の球状半田を使用する場合だけでなく、複数の第 1 の球状半田を使用する場合にも上記の寸法関係を満たすことが好ましい。

【0064】

このようにして、支持体の背面に配した第1導電体層と球状素子の第1電極とを接続孔を通して半田付けにより接続することができる。これにより、球状素子の第1半導体層と第1導電体層を電氣的に確実に接続できると同時に、球状素子を支持体の凹部の所定の位置に強固に固定することができる。さらに、球状素子と第1導電体層を半田付けにより接続することで、次工程以降は球状素子、支持体および第1導電体層を一体化された構成体として扱うことができる。

【0065】

5) 工程 (5)

本工程 (5) は、前記工程 (4) により第1導電体層に半田付けされた球状素子の第2電極と支持体の凹部の内面の第2導電体層との間に、第1の球状半田の固相線温度より低い液相線温度を有する第2の球状半田を配置する工程、および第2の球状半田を第1の球状半田の固相線温度未満で、第2の球状半田の液相線温度以上の温度に加熱することにより、第2電極と第2導電体層とを半田付けする工程を有する。第2電極と第2導電体層を半田によって接続することにより、両者の電氣的接続が確実に行われるとともに、球状素子が支持体の凹部内の所定位置に一層強固に固定される。

【0066】

本工程 (5) の具体的な実施形態の例を説明する。まず、工程 (4) により、支持体、球状素子および第1導電体が一体化された図11 (3) に示す構成体を用意する。この構成体の球状素子の外周に形成された帯状の第2電極と支持体の凹部の内面との間に、ディスペンサにより第2の半田を含む半田ペーストを注入する。次いで、第2の半田を含む半田ペーストを注入した構成体を、第2の半田の液相線温度以上で、第1の半田の固相線温度以下の温度に設定された恒温槽に入れて加熱し、半田ペースト中の第2の半田を熔融させて第2電極と第2導電体層の内面とを半田付けにより接続する。この際に用いる半田ペーストは第2の半田の粉末をフラックスに混ぜ合わせたペースト状の半田である。半田ペーストとしては、例えば粒径200~300 μm の第2の半田の粉末とロジンの主成分とする有機系フラックスとを混合し、粘度10000~20000 cPに調整した

ものを用いることができる。

【0067】

次に、第2の半田として球状半田を用いた場合の実施形態の例を図12に沿って説明する。まず、工程(4)により構成した図11(3)に示す構成体の球状素子の外面と支持体の凹部の内面との間に、図12(1)のように、複数(例えば10個)の第2の球状半田48を落下させる。次いで、この構成体に微振動を与えることによって、球状素子の下部の外周に帯状に形成された第2電極5と第2導電体層25の内面との隙間を埋めるか、若干の間隔において第2の球状半田48を挿入する。その状態を図14(2)に示す。この場合、第2の球状半田は、第2電極5と第2導電体層25の内面との隙間に嵌まり込むような粒径を有することが好ましい。

【0068】

次いで、第2の球状半田48を挿入した構成体を、第2の球状半田48の液相線温度以上で、第1の球状半田の固相線温度以下の温度に設定された恒温槽に入れて加熱し、第2の球状半田48を溶融させて第2電極5と第2導電体層25の内面とを半田付けにより接続する。以上のようにして、球状素子の第2電極を支持体の第2導電体層に第2の球状半田により電氣的に接続し、さらに、球状素子を支持体の凹部の所定の位置に一層強固に固定することができる。

【0069】

この際、第2電極と第2導電体層との隙間に挿入する球状半田は複数とすることが好ましく、2個以上の球状半田で半田付けすることにより、強固に半田付けができるとともに、半田付けの信頼性を高めることができる。

【0070】

工程(4)および(5)において、直径0.5~2.0mmの球状素子を用いる場合には、第1の半田は、単数または複数の球状半田からなり、その球状半田の直径は、接続孔の直径以下、接続孔の深さ寸法以上、かつ0.1~0.5mmであることが好ましい。これにより、接続孔に挿入された未溶融の第1の球状半田が第1電極と第1導電体とに直接に接触し、その状態で球状半田が溶融するので、両者をより確実に半田付けできる。さらに第2の半田は、複数の球状半田か

らなり、その球状半田の直径は0.03~0.1mmであることが好ましい。これにより、第2電極と第2導電体層内面との隙間に未溶融の複数の第2の球状半田を嵌め込むことができ、これらの球状半田を溶融させることで両者を確実に半田付けできる。

【0071】

上記の第1の半田あるいは第2の半田として用いる球状半田は真球状であることが好ましいが、ほぼ球状であればよい。また、球状半田の代わりに、円盤状、角片状などのペレット状半田を有効に用いることもできる

【0072】

さらに、工程(4)および(5)において、第1の半田は、第2の半田の液相線温度よりも高い固相線温度を有することが必要であり、第1の半田の液相線温度が200~300℃であり、第2の球状半田の液相線温度が100~200℃であることが好ましい。これにより、第2電極と第2導電体層を半田付けする際に、第1電極と第1導電体層との半田付けに用いた第1の半田を再溶融もしくは半溶融させることなく、第2の球状半田を溶融させることができる。ちなみに、半田の液相線温度は固相線温度と同じあるいはそれより高く、多くの半田の場合に、その差は30℃以内である。

【0073】

第1および第2の半田には、環境保全対策上の要望に応えるため、鉛フリー半田を用いることが好ましい。第1の半田としては、錫を90重量%以上含有する鉛フリー半田が好ましい。好適な半田としては、例えば、Sn:96.5w%、Ag:0.5~3.5w%および必要に応じてCu:1w%を含有するSn-Ag系半田、Sn:90~99w%およびSb:1~10w%を含有するSn-Sb系半田、ならびにSn:99w%およびGe:1w%を含有するSn-Ge系半田などがある。これらの半田はいずれも、上記の好ましい範囲の液相線温度(200~300℃)を有する。

【0074】

第2の半田は、錫を40~60重量%ならびにインジウムおよびビスマスを合計で60~40重量%含有する半田からなることが好ましい。好適な半田として

は、例えば、 $\text{Sn} : 48 \sim 52 \text{ w\%}$ 、 $\text{In} : 52 \sim 48 \text{ w\%}$ を含有する $\text{Sn}-\text{In}$ 系半田、 $\text{Sn} : 42 \text{ w\%}$ 、 $\text{Bi} : 58 \text{ w\%}$ を含有する $\text{Sn}-\text{Bi}$ 系半田などがある。これらの半田はいずれも、上記の好ましい範囲の液相線温度 ($100 \sim 200^\circ\text{C}$) を有する。

【0075】

工程 (4) および工程 (5) において、球状素子の表面のうち、第1電極あるいは第2電極の表面は熔融半田との馴染みがよく、半田の付着あるいは半田付けを比較的容易に行うことができる。一方、 Al や Ag などからなる第1導電体層あるいは第2導電体層の表面は、多くの場合に熔融半田との馴染みが悪く、直接的に確実な半田付けを行うことが困難な場合が多い。

【0076】

したがって、工程 (4) においては、第1の半田によって第1電極と第1導電体層を半田付けする工程に先立って、第1導電体層の少なくとも第1電極が半田付けされる部位に予備的に薄く半田を付着させること (以下、予備半田で表す) が好ましい。さらに工程 (5) においては、第2の半田によって第2電極と第2導電体層を半田付けする工程に先立って、第2導電体層の少なくとも第2電極が半田付けされる部位に予備半田を施すことが好ましい。これによって、工程 (4) あるいは工程 (5) における電極と導電体層との半田付けをより確実に行うことができる。予備半田の方法としては、導電体層に半田ペーストを薄く塗布する方法、フラックスを併用して薄く熔融半田を付着させる方法および半田メッキを施す方法などを採ることができる。

【0077】

予備半田の好ましい方法として、インクジェット方式により導電体層の所定箇所に半田ペーストを塗布する方法がある。この方法によれば、半田付けされる第1導電体層あるいは第2導電体層の微小な部位に精度良く予備半田層を形成できる利点がある。インクジェット方式による半田ペーストの塗布は、工程 (1) で例示した第1電極あるいは第2電極の形成時に行った導電性インクの塗布方法に準じた方法で、第1導電体層あるいは第2導電体層の所定の箇所に塗布することができる。

【0078】

インクジェット方式による予備半田の実施形態の例として、第1導電体層に半田ペーストを塗布する方法を例示する。図11(1)のように球状半田を配置する工程に先立って、図13に示すようにインクジェット方式により第1導電体層に半田ペーストを塗布する。インクジェットヘッド60から半田ペースト61の微小な液滴62を矢印方向に吐出させ、この液滴62を支持体下部の電気絶縁体層28に設けられた接続孔29の下第1導電体層45の露出部63にほぼ垂直に着弾させる。

【0079】

インクジェットヘッド60から、例えば約40ピコリットルの半田ペースト61の液滴62を一滴吐出させた場合、直径約 $100\mu\text{m}$ で厚み約 $5\mu\text{m}$ の半田ペースト層が形成される。インクジェットヘッド60を連続して僅かにX-Y軸方向に移動させながら、半田ペースト61の液滴62を吐出して前記露出部63上に着弾させ、前記露出部63内に直径 $500\mu\text{m}$ 、厚み約 $5\mu\text{m}$ の円形の半田ペースト層64を形成する。上記の半田ペーストの塗布工程には、ピエゾ方式、サーマル方式のいずれのインクジェットヘッドをも用いることができる。

【0080】

半田ペーストとしては、半田の微粉末を例えばロジンの主成分とする有機系フラックスに混合したものを用いることができる。インクジェット方式による塗布に適合するインク特性の観点から、半田微粒子の直径 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 、粘度 $1000\sim 10000\text{cP}$ の半田ペーストを用いるのが好ましい。

【0081】

なお、上記のインクジェット方式による予備半田と同様の手法により、半田ペーストを比較的厚く導電体層に塗布すれば、この塗布層を工程(4)および工程(5)における電極と導電体層を半田付けするための第1あるいは第2の半田とすることもできる。

【0082】

工程(4)における予備半田に用いる半田あるいは半田ペースト中の半田は、工程(5)における第2の半田の液相線温度より高い固相線温度を備えているこ

とが好ましい。また、工程（５）における予備半田に用いる半田あるいは半田ペースト中の半田は、工程（４）における第１の半田の固相線温度よりも低い液相線温度を備えていることが好ましい。これにより、工程（４）および工程（５）における電極と導電体層との半田付けをより確実に行うことができる。

【0083】

【発明の効果】

本発明により、球状素子の第１半導体と第１導電体層および第２半導体層と第２電極との確実な電氣的接続を高い作業効率で信頼性高く実現できる。さらに支持体の凹部内の所定位置に球状素子を確実に固定できるので、高性能かつ高品質の光電変換装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明の実施形態における第２半導体層の開口部を有する球状の光電変換素子の縦断面図である。

【図２】

図１の光電変換素子の底面図である。

【図３】

本発明の他の実施形態における第２半導体層の開口部を有する球状の光電変換素子の縦断面図である。

【図４】

本発明の実施形態における第１電極および第２電極を形成した球状の光電変換素子の縦断面図である。

【図５】

図４の光電変換素子の底面図である。

【図６】

本発明の実施形態における支持体の平面図である。

【図７】

図６の支持体のＡ－Ｂ線断面図である。

【図８】

本発明の実施形態における光電変換素子を支持体の所定位置に配置する工程を示す縦断面図である。

【図 9】

本発明の実施形態における第 1 電極と第 1 導電体層を第 1 の半田により接続した状態を示す縦断面図である。

【図 10】

本発明の実施形態における第 1 電極と第 1 導電体層を第 1 の球状半田により接続する工程を示す縦断面図である。

【図 11】

本発明の他の実施形態における第 1 電極と第 1 導電体層を第 1 の球状半田により接続する工程を示す縦断面図である。

【図 12】

本発明の実施形態における第 2 電極と第 2 導電体層を第 2 の球状半田により接続する工程を示す縦断面図である。

【図 13】

本発明の実施形態における第 1 電極に半田付けする第 1 導電体層に予備半田を施す工程を示す縦断面図である。

【図 14】

従来の球状太陽電池において支持体の凹部内に光電変換素子が配置された状態を示す縦断面図である。

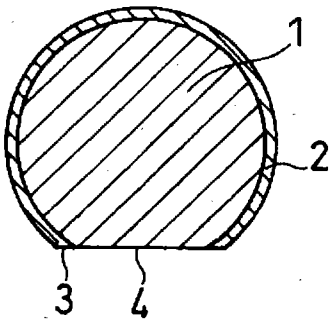
【符号の説明】

- 1、107 第 1 半導体
- 2、106 第 2 半導体層
- 3、9 第 2 半導体層の開口部
- 4、8、108 第 1 半導体の露出部
- 5 第 2 電極
- 6 第 1 電極
- 25、102 第 2 導電体層
- 26、104 支持体の凹部

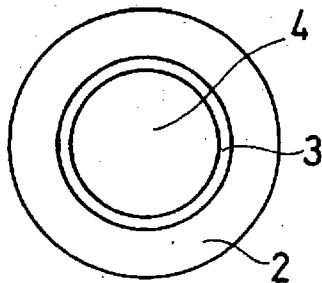
- 2 7 接続孔の周縁部
- 2 8、1 0 1 電気絶縁体層
- 2 9 接続孔
- 4 0 金属チューブ
- 4 1 第 1 の半田
- 4 2 第 1 導電体層の凹部
- 4 3、4 5 第 1 導電体層
- 4 4、5 0 台座
- 4 6 第 1 の球状半田
- 4 7 押さえ棒
- 4 8 第 2 の球状半田
- 5 2 溶着部
- 6 0 インクジェットヘッド
- 6 1 半田ペースト
- 6 2 (半田ペーストの) 液滴
- 6 3 (第 1 導電体層の) 露出部
- 6 4 半田ペースト層
- 1 0 3 三層構造の支持体
- 1 0 5 球状素子

【書類名】 図面

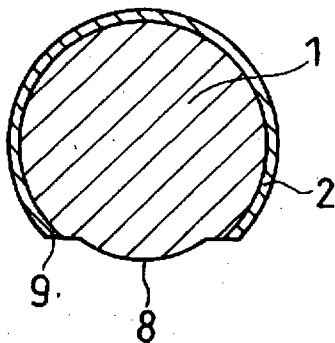
【図 1】



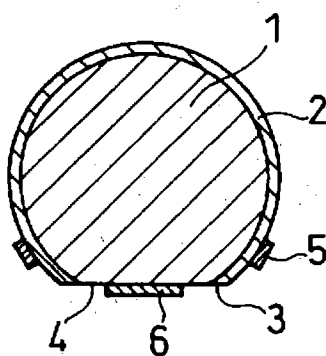
【図 2】



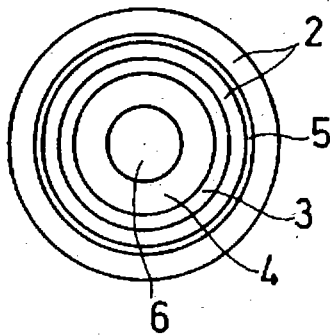
【図 3】



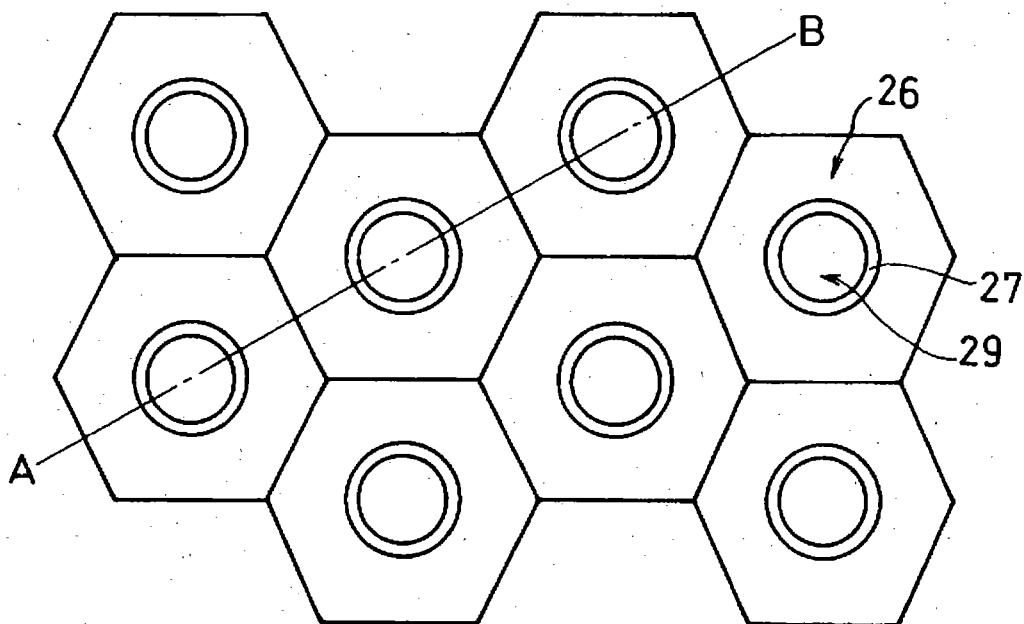
【図 4】



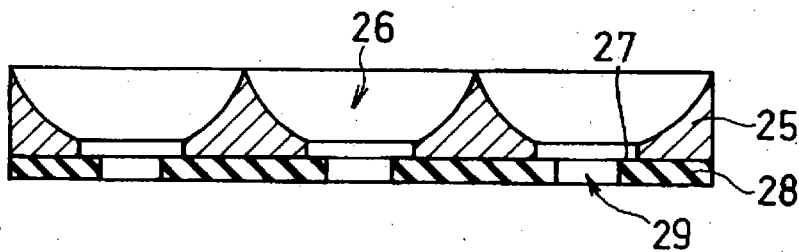
【図 5】



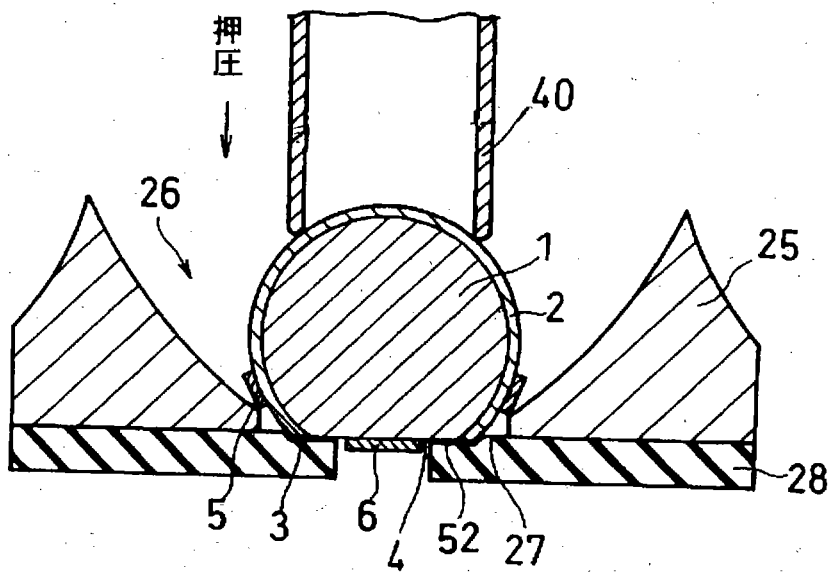
【図 6】



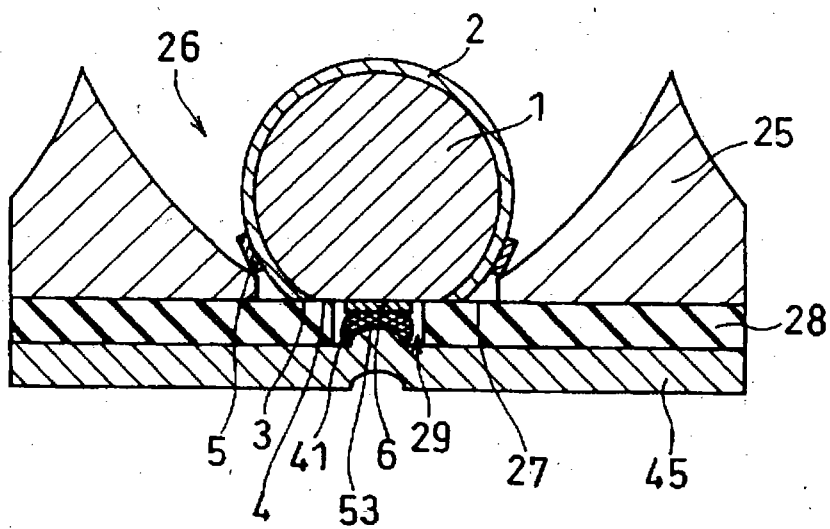
【図 7】



【図 8】

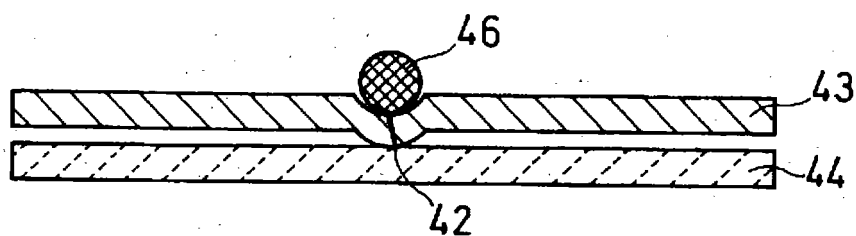


【図 9】

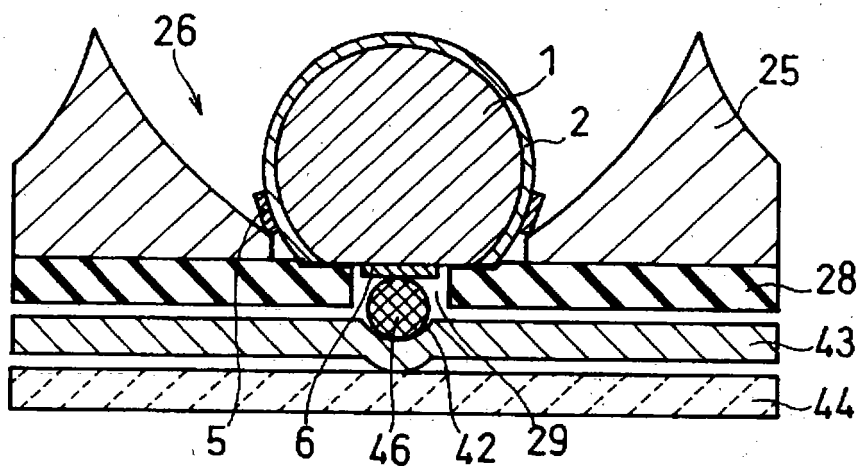


【図10】

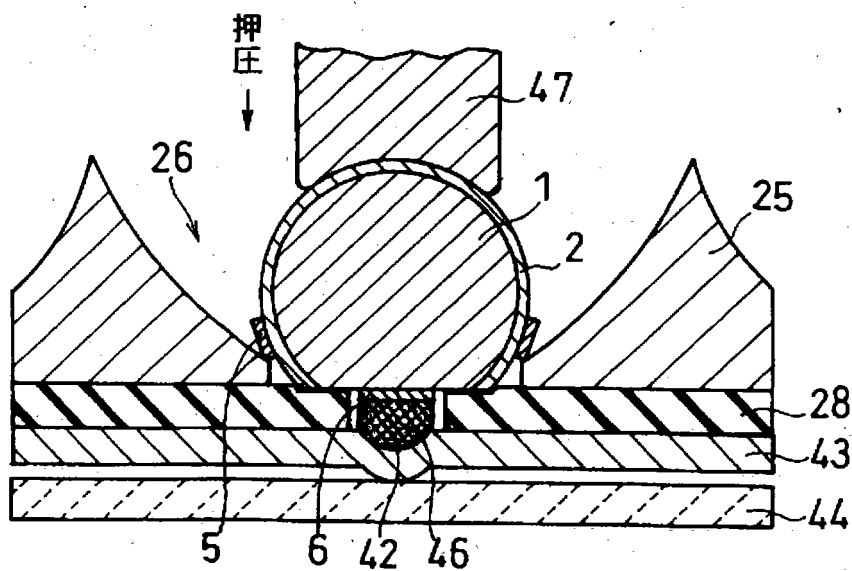
(1)



(2)

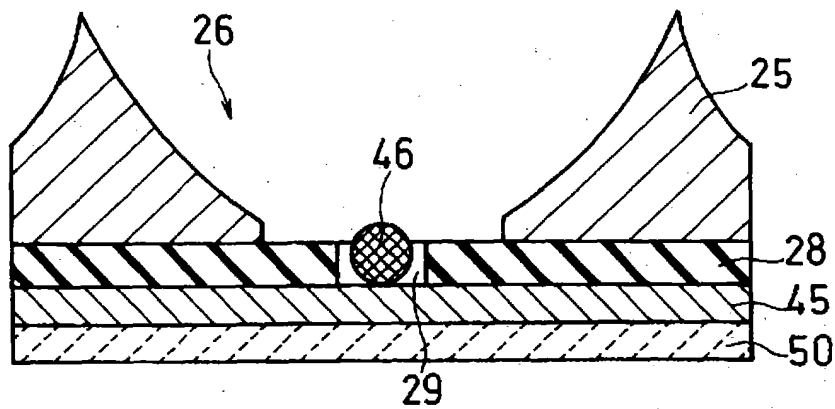


(3)

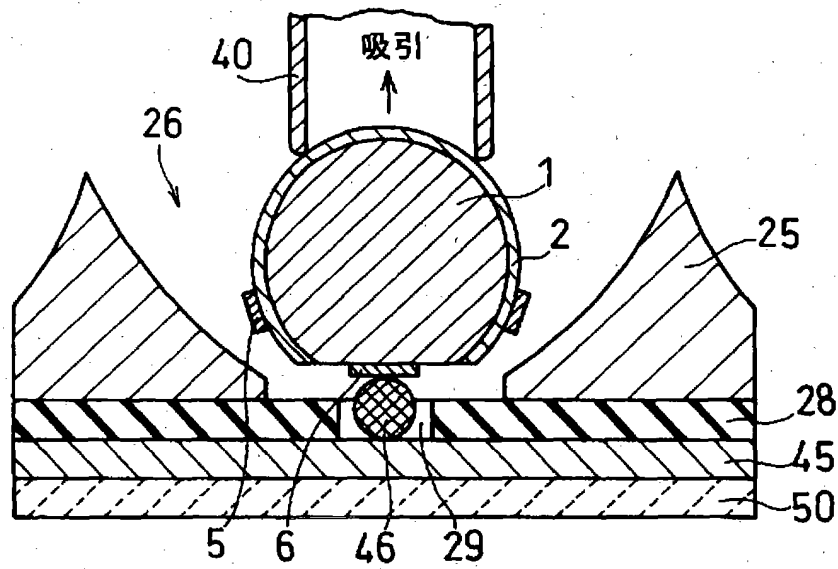


【図11】

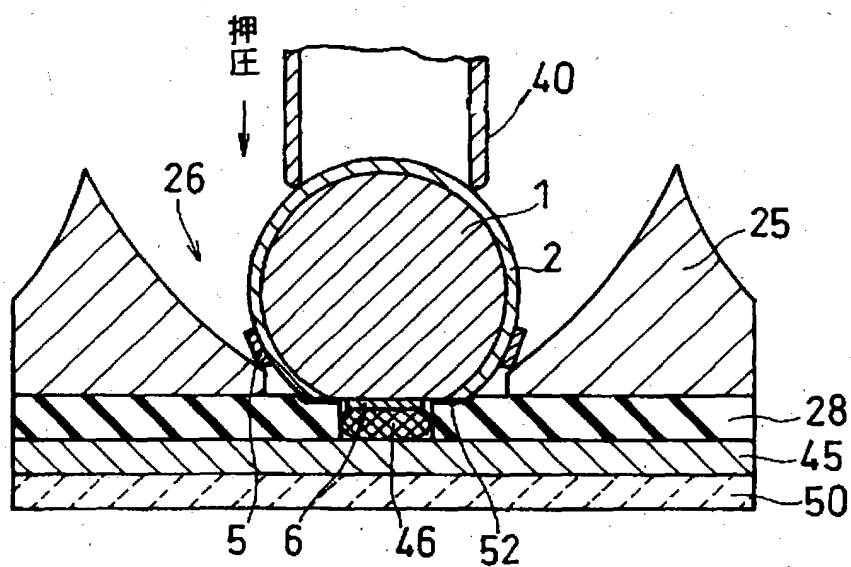
(1)



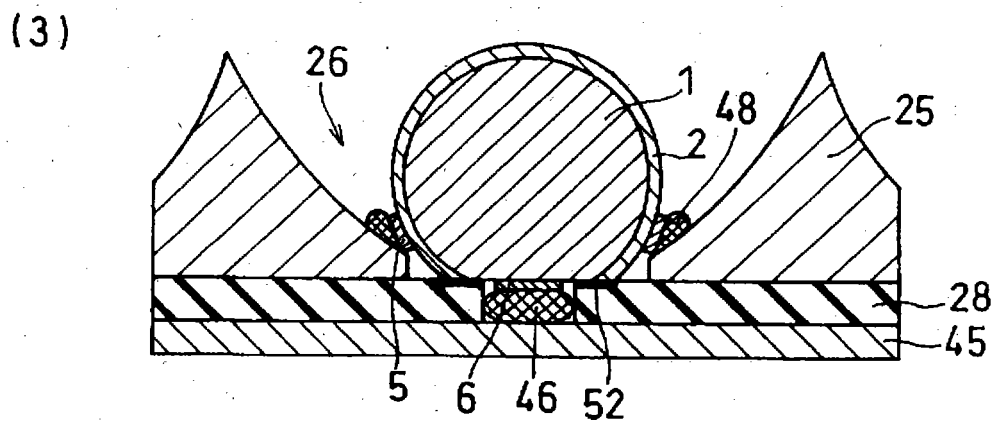
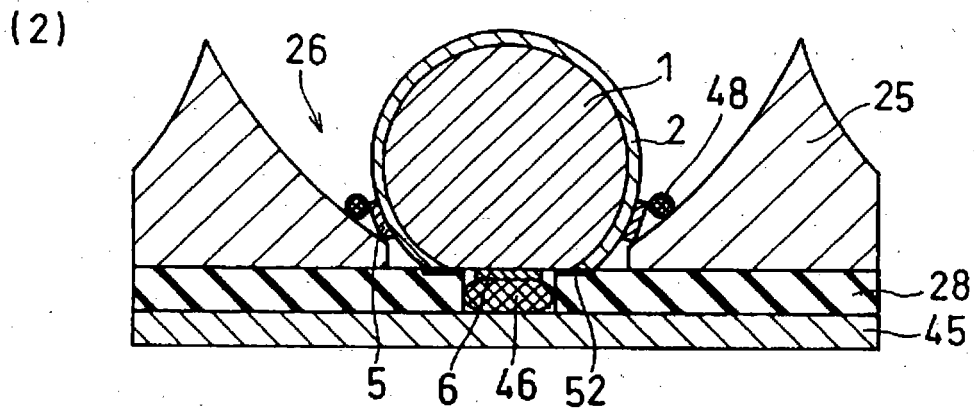
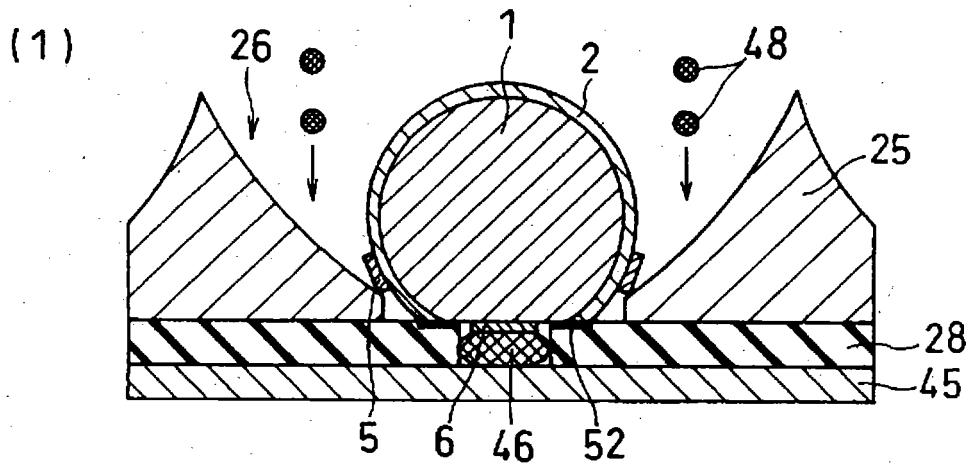
(2)



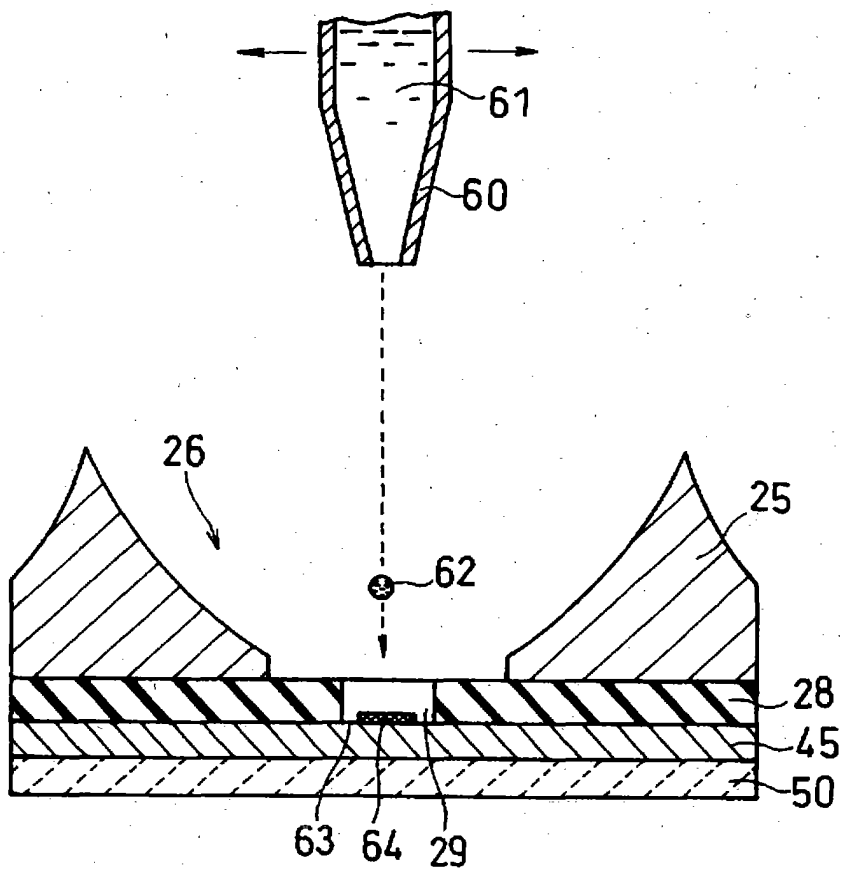
(3)



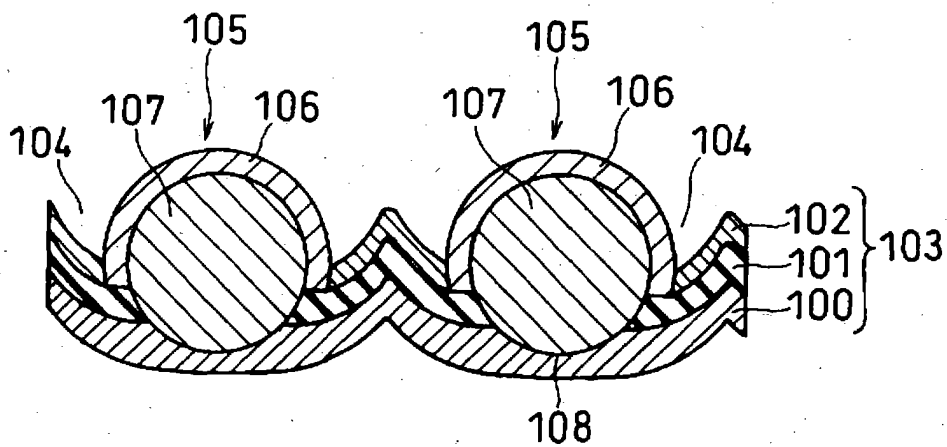
【図12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 球状光電変換素子と導電体層間の電氣的接続を確実にを行い、さらに支持体の凹部内の所定位置に光電変換素子を確実に固定することを簡略化された工程で作業性良く行い、高性能かつ高品質の光電変換装置を提供する。

【解決手段】 球状光電変換素子表面の第2半導体層の開口部内の第1半導体の露出部に第1電極、第2半導体層の外周部に第2電極をそれぞれを形成し、これを電気絶縁体層および第2導電体層からなる支持体の凹部の所定の位置に配置し、第1の半田により第1電極と第1導電体層とを半田付けし、次いで、第1の球状半田の固相線温度より低い液相線温度を有する第2の半田により第2電極を支持体の第2導電体層に接続する光電変換装置の製造方法。

【選択図】 図1-2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-304225
受付番号	50201571399
書類名	特許願
担当官	田丸 三喜男 9079
作成日	平成 14 年 10 月 22 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年10月18日
【特許出願人】	
【識別番号】	502139910
【住所又は居所】	大阪府枚方市東香里1丁目20番10号
【氏名又は名称】	株式会社クリーンベンチャー二十一
【代理人】	申請人
【識別番号】	100072431
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区北浜2丁目3番6号 北浜山本ビル 石井特許事務所
【氏名又は名称】	石井 和郎
【選任した代理人】	
【識別番号】	100117972
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区北浜二丁目三番六号 北浜山 本ビル 石井特許事務所
【氏名又は名称】	河崎 眞一

特願 2002-304225

出願人履歴情報

識別番号

[502139910]

1. 変更年月日

2002年 6月26日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

大阪府枚方市東香里1丁目20番10号

氏 名

株式会社クリーンベンチャー二十一